



МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАНДАРТЫ

ПО ЦИФРОВОМУ ТЕЛЕВИЗИОННОМУ ВЕЩАНИЮ

Международный союз электросвязи (МСЭ) – ведущая международная организация, деятельность которой сфокусирована на исследовании и развитии средств наземного и спутникового вещания, телекоммуникаций и других информационных служб, координации, консолидации и гармонизации региональных организаций по созданию национальных и региональных вещательных стандартов, разработке единых мировых стандартов.

В последние годы существенно возросла определяющая роль МСЭ в разработке и сопряжении стандартов систем вещания и различных информационных систем. Это связано с прогрессом цифровых методов и все большим сближением вещательных, телекоммуникационных и компьютерных технологий, с использованием всех видов наземных и спутниковых каналов связи для обеспечения все возрастающего объема интерактивной нагрузки, Internet-вещания, IP-телефонии и др. МСЭ дает возможность в процессе разработки, гармонизации и внедрения стандартов предусмотреть и реализовать следующие важные факторы.

- Радиочастотное и орбитальное обеспечение систем. Разработка международной стратегии внедрения новых цифровых ТВ-систем с сохранением существующих наземных и спутниковых каналов передачи.
- Исследование защитных отношений, определение зон наземного и спутникового вещания, включая системы MMDS, LMDS и др.
- Методы частотного и орбитального планирования. Международная координация частот и позиций на орбите.
- Решение проблем цифрового телерадиовещания, формулирование требований к стандартам MPEG и других подобных организаций для обеспечения возможности их применения в вещании во всем мире.
- Прогресс в исследованиях цифрового многопрограммного, интерактивного и мультимедийного наземного и

М.Кривошеев, д.т.н., В.Федунин, к.т.н.
m_krivocheev@mail.ru

спутникового ТВ- и звукового вещания, включая ТВЧ и цифровые системы с большим экраном.

- Обеспечение и сопряжение интерактивных систем на базе фиксированных и подвижных телекоммуникационных средств с учетом Internet, мультимедиа и других информационных служб, включая измерение аудитории служб вещания и Internet (медиаметрия).
- Возможность организации больших потоков цифровых данных, передаваемых в составе программ вещания.
- Международный обмен программами вещания и цифровых систем для больших экранов по каналам связи с помощью записи и архивирования этих программ в реальном и нереальном времени (обмен скорости передачи на ее время).
- Возможность получения рекомендаций по стратегии внедрения новых технологий вещания и телекоммуникаций и, в первую очередь, цифрового интерактивного ТВ и звукового вещания в интересах развивающихся стран как весьма эффективный путь преодоления цифрового разрыва на основе развития многоцелевых систем массового информационного обслуживания.
- Возможность получения рекомендаций по разработке интегральных требований к вещательным интерактивным комплексам, цифровым системам с большим экраном, наземным и спутниковым передающим и приемным средствам.
- Сопряжения спецификаций форматов записи и обмена программами для профессионального оборудования видео- и аудиозаписи и бытовой аппаратуры.
- Рекомендации по оценке качества изображения и звука и других видов информации.
- Рекомендации по созданию и частотному обеспечению радиосистем абонента для беспроводной связи между телевизорами, радиоприемниками, компьютерами, телефоном и другими периферийными устройствами, а при широкополосном радиодоступе – для доставки множества телерадиопрограмм и другой информации в интерактивном режиме, включая дистанционное управление и авто-



матическое взаимодействие устройств абонента, предоставляющих инфокоммуникационные услуги.

- Экономические аспекты и тарифы за пользование информационными услугами с учетом концепции гибридной аналого-цифровой технологии, позволяющей снизить затраты и ускорить переход от аналогового к цифровому вещанию.
- Включение систем интерактивного вещания, цифровых систем с большим экраном, Internet и мультимедиа в сферу массового информационного обслуживания в перспективе в любой точке Земли, в любое время, в покое или в движении, на любом языке с обеспечением экологической защиты пользователей и передаваемой ими информации.

Единственным общепризнанным мировым форумом по международной стандартизации службы ТВ-вещания от "начала до конца" (end-to-end) является 6-я Исследовательская комиссия Службы вещания сектора радиосвязи МСЭ-Р Международного союза электросвязи и ее предшественница – 11-я Исследовательская комиссия (Телевизионное вещание) Международного консультативного комитета по радио (МККР) [1, 2]. Разработанные ими международные рекомендации по праву приобрели статус мировых стандартов, устанавливающих комплекс норм, правил, требований к используемым техническим средствам. Ниже рассмотрены наиболее важные рекомендации, посвященные различным аспектам цифрового ТВ-вещания.

ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ КОДИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ СТАНДАРТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

1. Рекомендация ВТ.601-6 "Студийные параметры кодирования цифрового телевидения для стандартного 4:3 и широкоэкранных форматов" [3].

Приведены параметры расширяемого семейства совместимых стандартов по цифровому кодированию сигналов изображения. Изложены сведения о формате и параметрах аналого-цифрового преобразования, обработки и передачи цифровых видеосигналов стандартного телевидения с разложением на 525 и 625 строк без цифрового сжатия:

- кодирование яркостной и цветоразностных составляющих аналогового видеосигнала;
- квантование отсчетов аналогового видеосигнала на 8 и 10 бит/отсчет;
- скорости передачи отсчетов яркостного и цветоразностных составляющих цифрового видеосигнала;
- соотношение скоростей передачи яркостного и цветоразностных цифровых сигналов;
- характеристики цифрового фильтра для подавления помех дискретизации.

Базовая Рекомендация ВТ.601 прочно вошла в историю как первый единый мировой стандарт для цифровых ТВ-студий

и стимулировала разработку систем для остальных элементов тракта вещания, для систем подачи и распределения сигналов вещательных программ и для форматов цифровой видеозаписи.

2. Рекомендация ВТ.1203-1 "Требования пользователя к общему кодированию цифровых ТВ-сигналов со снижением бинарной скорости передачи видеосигнала в телевизионной системе "от начала до конца" [4].

Изложены функциональные и эксплуатационные требования к кодекам цифровых сигналов стандартного телевидения, телевидения повышенного качества и ТВЧ, к форматам разложения изображения и форматам цифровых видеосигналов, рекомендуемым для применения при кодировании этих сигналов с цифровым сжатием.

3. Рекомендация ВТ.1437 "Требования пользователя к цифровому кодированию для передачи многопрограммного телевидения" [5].

Излагаются функциональные и эксплуатационные требования пользователя (число программ ТВ-вещания в одном радиоканале, диапазон изменения скорости передачи данных, качество изображения, относительная задержка видео и звука, время восстановления и др.), которые рекомендуется учитывать при разработке и испытаниях систем кодирования для передачи сигналов многопрограммного телевидения.

ТЕЛЕВИДЕНИЕ ВЫСОКОЙ И СВЕРХВЫСОКОЙ ЧЕТКОСТИ

1. Рекомендация ВТ.709-5 "Значения параметров стандартов ТВЧ для производства и международного обмена программами" [6].

В части I Рекомендации регламентируются характеристики оптоэлектронного преобразования сигнала изображения ТВЧ формата 16:9 в системах стандартов 1125/60/2:1 и 1250/50/2:1, параметры разложения и колориметрические характеристики изображения, аналоговое и цифровое представление видеосигнала. Часть II посвящена параметрам цифровых систем ТВЧ с использованием общего формата изображения и пикселей квадратной формы.



Общее собрание 11-й Исследовательской комиссии МККР (Женева, 21 июля 1972 г.), где началась международная стандартизация цифрового телевизионного вещания. Слева направо: Директор МККР Д. Хербстрайт (J. Herbstreit), и.о. Председателя 11 ИК МККР, профессор М.И. Кривошеев, советник МККР Р. Фрум (R. Froom)

Рекомендация ВТ.709 является уникальным единым мировым стандартом телевидения высокой четкости и открыла путь к повсеместному использованию унифицированных параметров оборудования для производства и передачи программ ТВЧ.

2. Рекомендация ВТ.1199 "Применение цифрового сжатия в условиях студии ТВЧ" [7].

При кодировании видеосигнала с цифровым сжатием в студии ТВЧ рекомендуется использовать небольшие значения коэффициента сжатия (по мнению некоторых экспертов, порядка 2–3), обеспечивающие виртуально прозрачное, т. е. воспринимаемое без искажений субъективное качество неподвижных и подвижных изображений. Рекомендуется сохранять это качество и в случае многократного повторения цифрового сжатия, в частности при студийной видеозаписи сигналов ТВЧ.

3. Рекомендация ВТ.1201-1 "Изображения со сверхвысокой четкостью" [8].

Указывается, что пространственная и временная разрешающая способность изображений со сверхвысокой четкостью и их формат должны варьироваться в зависимости от области применения. Приводятся значения числа строк и количества пикселей в строке для четырех иерархических уровней систем данного типа, нижний из которых соответствует системам ТВЧ. Отмечается необходимость применения единых колориметрических характеристик изображения при использовании различных его форматов.

4. Рекомендация ВТ.1360 "Характеристики формирования кадров изображений высокой четкости" [9].

Рекомендуется использовать при формировании кадров изображения ТВЧ формат кадра 16:9, 1920 пикселей в активной части строки и 1080 строк в активной части кадра. Приводятся сведения о колориметрических характеристиках изображения.

5. Рекомендация ВТ.1737 "Использование метода кодирования видеисточника, описанного в Рекомендации МСЭ-Т Н.264 (MPEG 4/AVC), для транспортировки программного материала ТВ высокой четкости" [10].

При необходимости передачи программного материала ТВЧ с сохранением его студийного качества рекомендуется использовать кодирование источника видеосигнала по Рекомендации МСЭ-Т Н.264 (MPEG 4/AVC).

ЦИФРОВЫЕ ТВ СИСТЕМЫ LSDI С БОЛЬШИМИ ЭКРАНАМИ (LARGE SCREEN DIGITAL IMAGERY)

1. Рекомендация ВТ.1662 "Общая эталонная цепь и управление студией постобработки содержания программы в применениях цифрового изображения для большого экрана" [11].

Рассматривается структура эталонного тракта для постобработки сигналов цифровых систем для больших экранов. Приводятся указания по минимизации искажений сигналов и качес-

тва изображения и звука в различных элементах тракта в процессе постобработки.

2. Рекомендация ВТ.1666 "Требования пользователя к применениям цифрового изображения для большого экрана, предназначенным для демонстрации в условиях театра" [12].

Регламентируются требования пользователя к цифровым системам для демонстрации изображений стандартного телевидения и ТВЧ на больших экранах в условиях театра. Указывается необходимость обеспечения различных уровней субъективного качества изображения и звука в зависимости от вида демонстрируемой программы (спорт, театральные спектакли и др.). Отмечается, что параметры систем, методы доставки, опознавания и шифрования сигналов должны основываться на открытых технических стандартах.

3. Рекомендация ВТ.1680 "Основной формат изображения для распределения сигналов приложений цифрового изображения для большого экрана, предназначенных для демонстрации в театральных залах" [13].

Рекомендуется считать членами иерархического семейства форматов изображений программ систем LSDI, предназначенных для демонстрации в театральных залах, видеоформаты по Рекомендациям МСЭ-Р ВТ.709 и ВТ.1543. Указывается, что разрешающая способность и параметры разложения изображения в этих форматах, предполагаемых для различных применений LSDI, должны иметь иерархическое соотношение с характеристиками форматов, регламентированных существующими Рекомендациями МСЭ-Р.

4. Рекомендация ВТ.1687-1 "Сокращение скорости битов при распределении программ цифровых систем с большими экранами в реальном масштабе времени для демонстрации в театральных залах" [14].

При демонстрации программ LSDI в театральных залах рекомендуется использовать цифровой видеосигнал, сформированный в соответствии с Рекомендацией ВТ.1680 МСЭ-Р. Отмечается необходимость цифрового сжатия сигнала на основе межкадрового кодирования данных при распределении программ в реальном масштабе времени и на базе внутрикадрового кодирования при монтаже программы или вставке местных программ.

5. Рекомендация ВТ.1689 "Руководство по представлению в условиях цифрового изображения для большого экрана программ, сформированных в видеоформатах в соответствии с Рекомендацией ВТ.601 МСЭ-Р" [15].

Для представления программ LSDI рекомендуется использовать в случае необходимости цифровые форматы видеосигнала, приведенные в Рекомендации ВТ.601. При этом аппаратура должна быть адаптивна как к стандартным форматам LSDI, так и к форматам по Рекомендации ВТ.601. Приведены требования, выполнение которых при производстве, постпроизводстве, доставке и демонстрации программ позволяет устранить искажения LSDI изображений.



6. Рекомендация ВТ.1690 "Предполагаемые характеристики аппаратуры, предназначенной для демонстрации программ цифровых систем с большими экранами в театральных залах" [16].

Приведены характеристики проекционной аппаратуры для демонстрации программ LSDI в театральных залах. Отмечается, что эти характеристики могут варьироваться в зависимости от местных условий, требований зрителей и других факторов.

7. Рекомендация ВТ.1769 "Значения параметров для расширяемой иерархии форматов изображения LSDI для производства и международного обмена программами" [17].

При производстве программ LSDI и международном обмене ими рекомендуется использовать иерархическое семейство видеоформатов с разложением изображений на 3840×2160 и 7680×4320 пикселей. Приводятся результаты экспериментов по определению зависимости ощущения реальности изображений LSDI от формата разложения и размеров этих изображений, а также от расстояния между зрителем и демонстрационным экраном.

ЦИФРОВОЕ НАЗЕМНОЕ ТЕЛЕВИЗИОННОЕ ВЕЩАНИЕ (ЦНТВ)

1. Рекомендация ВТ.798 "Цифровое наземное телевизионное вещание в диапазонах ОВЧ/УВЧ" [18].

Указывается, что системы ЦНТВ должны быть совместимы с каналами с номинальной полосой частот 6, 7 или 8 МГц, предназначенными для передачи аналогового телевидения в диапазонах ОВЧ/УВЧ. При этом такие системы не должны создавать помехи с уровнем, превышающим допуски, установленные для существующих служб вещания в указанных диапазонах частот. Кроме того, необходимо обеспечивать устойчивость систем ЦНТВ к воздействию помех со стороны существующих вещательных служб.

2. Рекомендация ВТ.1299 "Базовые элементы мирового единого семейства систем цифрового наземного телевизионного вещания" [19].

Регламентируются следующие основные принципы построения мирового единого семейства систем ЦНТВ:

- система должна иметь максимально возможное сходство с кабельными, спутниковыми и другими системами доставки сигналов цифрового ТВ-вещания;
- система должна разрабатываться в виде контейнера для прозрачной транспортировки цифрового потока и/или других данных;
- система должна допускать применение статистического мультиплексирования цифровых сигналов программ ТВ-вещания;
- базовый вариант системы должен соответствовать службе ТВЧ (например, основной профиль/высокий уровень по стандарту MPEG-2) или нескольким службам стандартного качества (например, основной профиль/основной уровень). Их число в одном канале будет определяться требуемым качеством службы, содержащи-

ем программ вещания и использованием статистического мультиплексирования сигналов программ.

3. Рекомендация ВТ.1306-3 "Методы исправления ошибок, цикловой синхронизации данных, модуляции и передачи для цифрового наземного телевизионного вещания" [20].

Рассматриваются методы исправления ошибок, формирования кадров данных, модуляции и передачи цифровых сигналов программ вещания, рекомендуемые для применения в ЦНТВ системах А (ATSC), В (DVB-T) и С (ISDB-T). Приводится руководство по выбору типа системы при внедрении ЦНТВ.

Рекомендация ВТ.1306 минимизирует различия систем ЦНТВ, существующие в США, Европе и Японии, по функциональным средствам и гармонизирует эти системы применительно к кодированию видеосигналов, транспортному уровню и т. п. Гармонизированный набор функциональных средств позволил с привлечением многих фирм-производителей решить ключевой вопрос о возможности создания единого интегрального декодера на приеме.

ЦИФРОВОЕ СПУТНИКОВОЕ ТВ-ВЕЩАНИЕ

1. Рекомендация ВО.1293-2 "Защитные маски и соответствующие методы вычислений помех работе спутникового вещания, включая цифровые передачи" [21].

Приводятся методы расчета защитных масок и уровня вносимых помех для различных видов цифровых передач, удовлетворяющие требованиям по совместимости систем в соответствии с Приложениями S30 и S30A Регламента радиосвязи.

2. Рекомендация ВО.1516 "Цифровые многопрограммные телевизионные системы для использования спутниками, работающими в диапазоне частот 11–12 ГГц" [22].

Приводятся характеристики цифровых спутниковых вещательных систем А (система DVB-S), В (система DSS), С (система GI-MPEG 2) и D (система ISDB-S), рассматриваемые как базовые при внедрении спутникового многопрограммного ТВ-вещания. При развертывании этой службы в районах, в которых планируется одновременная эксплуатация систем различного типа, рекомендуется выбирать одну из указанных систем и использовать универсальный декодер, принимающий сигналы всех этих систем МПТВ и включающий общие для них элементы. К таким элементам относятся демодулятор, сверточный декодер, декодер кода Рида – Соломона, демультиплексор транспортного цифрового потока, устройство для компенсации дисперсии спутникового радиосигнала, декодеры сигналов изображения, звука и данных и др.

3. Рекомендация ВО.1696 "Методы определения характеристик готовности цифровых систем многопрограммной радиовещательной спутниковой службы и связанных с ней фиксированных линий, работающих в планируемых полосах" [23].

Рекомендуется методика расчета интегральной характеристики готовности спутниковых цифровых систем многопрограммного ТВ-вещания и их фидерных линий с рабочей полосой частот 11,7–12,7 ГГц в соответствии с заданной вероятностью превышения порогового отношения мощности несущих в восходящих и нисходящих линиях к суммарной мощности тепловых шумов и помех. Приведены алгоритм вычисления характеристики готовности и примеры его применения при нормировании параметров этих систем.

ИНТЕРАКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ТВ-ВЕЩАНИЯ

1. Рекомендация ВТ.1369 "Базовые принципы мирового единого семейства систем предоставления услуг интерактивного телевидения" [24].

Рекомендуется обеспечивать максимальную общность методов доставки интерактивных услуг с использованием проводных систем, систем SMATV, MMDS, LMDS, ISDN, наземного и спутникового вещания и других технических средств. При этом цифровой поток прямого канала рассматривается как "контейнер", загружаемый сигналами изображения, звука и данных.

Приводятся основные уровни интерактивности, эталонная модель системы, способы реализации интерактивного канала, включая использование существующих приемных антенн и трансиверов, встроенных в приемники, виды систем, применяемых для создания обратных интерактивных каналов, скорости передачи обратных данных, полоса частот обратного канала и другие параметры интерактивных систем. Предлагаются три категории скоростей: 100–150 бит/с, 6–7 кбит/с и от 64 кбит/с до нескольких мегабит/с. Для подавляющего большинства интерактивных услуг достаточна скорость 100–150 бит/с.

2. Рекомендация ВТ.1434 "Независимые от сети протоколы для интерактивных систем" [25].

Рекомендуется применять в цифровых системах ТВ- и звукового вещания протоколы интерактивных услуг по одноименной Рекомендации МСЭ-Т J.111, не зависящие от протоколов физического и транспортного уровней сетей прямых и обратных каналов системы. В указанной рекомендации приводятся протоколы связи между абонентским оборудованием и провайдерами вещательных и интерактивных услуг по сети обратных каналов и рассматривается протокол управления сеансовым уровнем системы.

3. Рекомендация ВТ.1435 "Интерактивный канал для цифрового звукового и телевизионного вещания по сети КТСОП/ЦСИС" [26].

Для обеспечения интерактивных услуг цифровых систем ТВ и звукового вещания с обратными каналами на основе коммутируемой телефонной сети общего пользования (КТСОП) и цифровой сети с интеграцией служб (ЦСИС) рекомендуется использовать протоколы сетевых транспортного и

физического уровней системы, рассмотренные в одноименной Рекомендации МСЭ-Т J.113.

4. Рекомендация ВТ.1436 "Системы передачи для интерактивных служб кабельного телевидения" [27].

Рекомендуется применять в цифровых системах КТВ протоколы интерактивных услуг, изложенные в одноименной Рекомендации МСЭ-Т J.112 и в приложениях к ней, посвященным интерактивным каналам, интерфейсу для передачи данных и мультимедийному оборудованию системы.

5. Рекомендация ВТ.1507 "Интерактивный канал, использующий систему цифровой улучшенной беспроводной связи (DECT)" [28].

Приводится базовая спецификация наземного дуплексного радиоканала между терминалом пользователя и провайдером интерактивных услуг на основе цифровой улучшенной системы связи (DECT), которая может применяться в системах спутникового и наземного вещания, КТВ, в коллективных антенных установках MATV и SMATV, в микроволновых распределительных ТВ-системах и др.

6. Рекомендация ВТ.1508 "Интерактивный канал, использующий глобальную систему подвижной связи (GSM)" [29].

Излагается спецификация наземного дуплексного радиоканала между терминалом пользователя и провайдером интерактивных услуг на базе глобальной системы подвижной связи (GSM). Канал может использоваться в системах ТВ- и звукового вещания, включая сети КТВ, установки MATV и SMATV и т. п.

7. Рекомендация ВТ.1564 "Интерактивный канал, использующий локальные многоточечные распределительные системы" [30].

Рекомендуется использовать в интерактивных системах ТВ- и звукового вещания с обратными каналами на основе локальных многонаправленных распределительных систем (LMDS) спецификацию дуплексных радио- и проводных интерактивных каналов в соответствии с одноименной Рекомендацией МСЭ-Т J.116.

8. Рекомендация ВТ.1667 "Наземный обратный канал для служб интерактивного вещания, работающих в вещательной полосе ОВЧ/УВЧ, на основе Рекомендации МСЭ-Р ВТ.1306" [31].

При создании наземного обратного интерактивного канала в вещательном диапазоне ОВЧ/УВЧ для системы цифрового наземного вещания В по Рекомендации МСЭ-Р ВТ.1306 "Методы исправления ошибок, цикловой синхронизации данных, модуляции и излучения для цифрового наземного телевизионного вещания" рекомендуется использовать Европейский стандарт ETSI EN 301 958 V1.1.1 (2002-03) "Цифровое телевизионное вещание (DVB); Интерактивный канал для цифрового наземного телевидения с множественным доступом OFDM". В этом стандарте приводятся общее описание базовой системы для обратного канала, спецификации методов канального кодирования, модуляции сигналов и протокола управления доступом к средствам передачи, а также указания по управлению радиочастотным спектром.



9. Рекомендация ВО.1724-1 "Системы интерактивного спутникового вещания (телевидение, звук и данные)" [32].

При организации обратного интерактивного канала с использованием систем на основе геостационарных спутников по Рекомендации ВО.1516 рекомендуется применять стандарты ETSI EN 301 790 или TTA-1008, приведенные на сайтах соответственно <http://www.itu.int/ITU-R/studygroups/rsg6/etsi/index.html> и <http://www.itu.int/md/meetingsdoc.asp?type=sitems&lang=e&parent=R03-WP6S-C-0031> (Part 2).

ВИДЕОЗАПИСЬ

1. Рекомендация BR.657-2 "Цифровая запись телевизионного сигнала на магнитную ленту" [33].

Излагаются общие требования к стандарту цифровой видеозаписи на магнитной ленте для международного обмена программами ТВ-вещания. Регламентируются требования пользователя к цифровым видеомагнитофонам, параметры формата записи, механические характеристики ленточных кассет, параметры кодирования цифровых сигналов изображения и звука, а также методы обработки сигналов в цифровом видеомагнитофоне и параметры сигналов, записываемых на продольных дорожках магнитной ленты.

2. Рекомендация BR.1290 "Использование вещателями телевизионных записей на диске" [34].

Приводятся рекомендуемые значения коэффициента цифрового сжатия студийных ТВ-сигналов для применений с различными уровнями качества изображения при записи сжатых сигналов на видеодиски с использованием внутрикадрового кодирования. Для применений, например, с максимальным качеством изображения необходимо использовать формат кодирования сигналов 4:2:2. В применениях с менее строгими требованиями к качеству коэффициент сжатия должен быть не более трех и не превышать пяти при электронном сборе новостей. В случае использования цифрового сжатия на основе групп из двух кадров по стандарту MPEG-2 рекомендуемый коэффициент сжатия не превышает 10.

3. Рекомендация BR.1292 "Инженерные правила по видеозаписи в трактах производства и постпроизводства программ стандартного телевидения" [35].

При производстве и постпроизводстве цифровых сигналов программ ТВ-вещания рекомендуется избегать применения смешанной аппаратуры компонентной и композитной видеозаписи и использовать видеомагнитофоны и интерфейсы, предназначенные для компонентной записи сигналов. Рекомендуется также не применять аппаратуру в виде последовательно включенных аналоговых и цифровых видеомагнитофонов и ориентироваться на использование цифровых видеомагнитофонов и интерфейсов при смешанном аналоговом/цифровом постпроизводстве программ.

4. Рекомендация BR.1356 "Требования пользователя к применению компрессии при производстве и архивировании телевизионной продукции стандартной четкости" [36].

Рекомендуется минимизировать число методов компрессии (цифрового сжатия) сигналов программ ТВ-вещания и параметров сжатия, используемых в каждом применении ТВ-программ в целях обеспечения совместимости и сопряжения систем. Указывается необходимость разработки согласованных методов испытаний ТВ-систем со сжатием и единого метода компрессии сигналов с различными параметрами для применения в отдельных звеньях тракта. Рекомендуется разработать универсальный декодер, позволяющий декодировать сигналы, компрессированные с использованием различных семейств методов сжатия. Приводятся общие требования к цифровым устройствам для видеозаписи программ ТВ-вещания.

5. Рекомендация BR.1375-3 "Форматы цифровой записи телевидения высокой четкости (HDTV)" [37].

Указывается, что при формировании и производстве программ ТВЧ, а также при запоминании программ для международного обмена ими предпочтительно использовать цифровую видеозапись сигналов и общий формат изображения 1080x1920 по Рекомендации МСЭ-Р ВТ.709 (Часть 2). Рекомендуется записывать программы ТВЧ, предназначенные для сложной постобработки, в цифровом формате без компрессии сигналов, а программы для ограниченной постобработки или без ее применения – в формате с небольшой компрессией.

6. Рекомендация BR.1376 "Семейства систем сжатия для применения при видеозаписи и сетевом производстве программ стандартного телевидения" [38].

Указывается, что при производстве и постпроизводстве программ вещания стандартного телевидения рекомендуется применять цифровые системы видеозаписи со скоростями передачи 25 Мбит/с (форматы дискретизации яркостного и цветоразностных сигналов 4:2:0 и 4:1:1) и 50 Мбит/с (форматы 4:2:2 и 4:2:2P@ML с использованием различных групп кадров GOP). При необходимости обеспечения наивысшего качества изображения следует применять системы со скоростью передачи данных 50 Мбит/с.

7. Рекомендация BR.1442 "Требования пользователя к цифровым кассетным ТВЧ магнитофонам" [39].

Указывается, что при международном обмене программами ТВ-вещания необходимо применять унифицированный формат видеозаписи сигналов ТВЧ и цифровые магнитофоны с возможностью переключения частоты кадров записываемого видеосигнала в соответствии с ТВ-стандартами, используемыми в различных странах.

Регламентируются требования к кодированию сигналов ТВЧ при студийной видеозаписи, предусматривающие возможность взаимодействия с другими применениями производства и передачи программ с минимальным снижением качества изображения и звука. Рекомендуется минимизировать снижение качества при редактировании (монтаже) записанных сигналов.

8. Рекомендация BR.1575 "Руководство по выбору форматов цифровой видеозаписи на ленте для студийного производства программ стандартного телевидения на основе требований к продукции" [40].

Рекомендуется в зависимости от требуемого качества изображения использовать при производстве и постпроизводстве программ вещания следующие видеомагнитофоны:

- аппаратуру без цифрового сжатия сигналов изображения и звука или с весьма малым сжатием при наиболее высоких требованиях к качеству;
- магнитофоны с небольшим цифровым сжатием при высоких требованиях к качеству при постпроизводстве программ;
- магнитофоны со сжатием потока данных до 50 Мбит/с с внутрикадровым кодированием видеосигнала на базе основного уровня и формата цветовой дискретизации 4:2:2 при оперативном постпроизводстве программ вещания.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ, КОНТРОЛЬ И ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТВ-ТРАКТОВ

1. Рекомендация BT.500-11 "Методология субъективной оценки качества телевизионных изображений" [41].

Регламентируются методы субъективной оценки качества ТВ-изображений в лабораторных и эксплуатационных условиях. Приводятся сведения о рекомендуемых условиях наблюдения изображений на телеэкране, источниках сигналов испытательных изображений, испытательных видеопоследовательностях, составе групп экспертов, принимающих участие в испытаниях, процедурах субъективных экспертиз и представлении полученных результатов. Рассматриваются основные характеристики искажений содержания ТВ-изображений.

2. Рекомендация BT.710-4 "Методы субъективной оценки качества изображения в телевидении высокой четкости" [42].

Рекомендуется осуществлять общую субъективную оценку изображений в системах ТВЧ в соответствии с методологией по Рекомендации МСЭ-Р BT.500 с использованием метода с двумя стимулами и непрерывной шкалой качества и эталонного изображения студийного качества. При этом характеристики искажений изображений следует оценивать с применением метода с двумя стимулами и шкалой ухудшений и эталонного неискаженного изображения. В случаях передачи сигналов изображения стандартного телевидения с помощью систем ТВЧ рекомендуется субъективно оценивать изображения с использованием методов, изложенных в Рекомендациях МСЭ-Р BT.1128 и BT.1129.

3. Рекомендация BT.801-1 "Испытательные сигналы для цифровых кодированных сигналов цветного телевидения, соответствующих Рекомендациям МСЭ-Р BT.601 и МСЭ-Р BT.656" [43].

Рассматриваются цифровые измерительные сигналы, рекомендуемые для оценки искажений при аналого-цифровом

преобразовании видеосигнала, включая его фильтрацию, дискретизацию и квантование, и искажений цифрового сигнала, в том числе цифровых ошибок, джиттера (временного дрожания) данных и потери кадровой синхронизации. Первая группа сигналов предназначена для измерения ошибок квантования видеосигнала и расхождения во времени активных участков аналоговой и цифровой строк сигнала при аналого-цифровом преобразовании его в соответствии с Рекомендацией МСЭ-Р BT. 601, а также для проверки правильности формата мультиплексирования сигналов и работы интерфейсов по Рекомендации BT.656. Вторую группу измерительных сигналов рекомендуется использовать при испытаниях корректоров кабельных линий и схем автоматической подстройки частоты и фазы. Измерительные сигналы формируются на основе набора стандартных структур, описывающих отдельные фрагменты этих сигналов.

4. Рекомендация BT.813 "Методы объективной оценки качества изображения при его ухудшении вследствие цифрового кодирования телевизионных сигналов" [44].

Регламентируются методы объективной оценки качества изображений в кодах ТВ-сигналов с фиксированной и переменной длиной слова, основанные на применении синтезированных испытательных сигналов и реальных изображений, нормированной среднеквадратичной ошибки и моделях зрительной системы. Приводится методология объективной оценки качества для кодеков при наличии ошибок передачи. Рассмотрены искажения изображений в смешанных аналого-цифровых системах передачи.

5. Рекомендация BT.1129-2 "Субъективная оценка систем цифрового телевидения стандартной четкости (SDTV)" [45].

Приводятся условия наблюдения изображений при проведении субъективной оценки их качества в цифровых системах стандартного телевидения и методология экспертиз. Рассматривается применение испытательных изображений и видеопоследовательностей при проверке кодеков с фиксированной и переменной длиной слова, внутрикадровым и межкадровым кодированием ТВ-сигналов. Излагаются рекомендуемые методы оценки качества изображения после постобработки декодированного сигнала, а также способы оценки искажений изображения и параметров искажений содержания критичных для испытываемой системы видеопоследовательностей.

6. Рекомендация BT.1382 "Оценка качества изображения многопрограммных служб" [46].

Для субъективной оценки качества изображения, обеспечиваемого при передаче сигналов отдельных программ ТВ-вещания с постоянной и переменной (за счет статистического мультиплексирования или совместного управления кодированием сигналов) скоростью данных рекомендуется пользоваться методикой экспертиз по Рекомендациям МСЭ-Р BT.500 и BT.1129. Указывается, что при оценке качества изображений



в тематических каналах вещания следует применять испытательные видеопоследовательности, сходные по содержанию с информацией, обычно передаваемой по этим каналам. Отмечается необходимость продолжения изучения процедуры с двумя стимулами и использованием непрерывной шкалы качества, изложенной в Рекомендации МСЭ-Р ВТ.500, в применении к системам многопрограммного ТВ-вещания.

7. Рекомендация ВТ.1735 "Методы объективной оценки качества покрытия сигналами цифрового наземного телевизионного вещания Системы В, определенной в Рекомендации МСЭ-Р ВТ.1306" [47].

Рекомендуются методы объективной оценки качества приема сигналов цифрового наземного ТВ вещания системы В по Рекомендации ВТ.1306. В стандартном методе оценки используются результаты измерения средней медианной напряженности поля в месте приема с учетом ее изменений в горизонтальной и вертикальной плоскостях из-за многолучевости распространения радиоволн и коэффициентов цифровых ошибок на входе и выходе декодера Витерби приемника. Оценка качества приема осуществляется по пятиградационной шкале качества, идентичной шкале по Рекомендации ВТ.500. При упрощенном методе измеряют уровень принимаемого сигнала и его предельно допустимое значение, определяемое путем ослабления этого уровня с помощью аттенюатора до величины, отвечающей срыву приема.

Международные рекомендации МККР и МСЭ-Р по цифровому ТВ-вещанию впитали в себя опыт и знания тысяч ведущих ученых мира, множества фирм и компаний, промышленных и эксплуатационных организаций и как драгоценный синтез последних достижений стали надежным фундаментом для развития и внедрения перспективных технологий многофункционального цифрового ТВ-вещания.

Лишь благодаря сплоченной международной консолидации усилий удалось значительно сэкономить время, огромные средства и при широком развитии сети ТВ-вещания обеспечить возможность сопряжения всех стран с мировым информационным сообществом. Это относится к решению таких сложных задач, как достижение международного единства в стандартах по цифровым системам и технологиям интерактивного ТВ- и мультимедийного вещания, планированию спутниковых и наземных сетей, мобильному приему, производству программ и других, связанных с этим проблем в смежных областях.

Поскольку мир сегодня находится на этапе бурного развития цифровых технологий и систем, являющихся определяющими компонентами глобального информационного общества, опыт международной стандартизации в такой значимой сфере, как цифровое ТВ-вещание, систематизация и анализ достигнутых результатов могут быть подспорьем и ориентиром не только при развитии ТВ-вещания, но и других смежных информационных служб.

В соответствии с разработанными рекомендациями промышленностью многих стран уже производятся в последние годы все компоненты и оборудование тракта цифрового вещания, которые все шире внедряются в спутниковых, наземных системах и КТВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Кривошеев М.И.** Международная стандартизация цифрового телевизионного вещания. – М.: Научно-исследовательский институт радио (НИИР), 2006. – 928 с.
2. **Кривошеев М.И., Федунин В.Г.** Интерактивное телевидение. – М.: Радио и связь, 2000. – 344 с.
3. ITU-R. Recommendation BT.601-6 "Studio encoding parameters of digital television for standard 4:3 and wide screen 16:9 aspect ratios".
4. ITU-R. Recommendation BT.1203-1 "User requirements for generic video bit-rate reduction coding of digital TV signals for an end-to-end television system".
5. ITU-R. Recommendation BT.1437 "User requirements for digital coding for multi-programme television transmission".
6. ITU-R. Recommendation BT.709-5 "Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange".
7. ITU-R. Recommendation BT.1199 "Use of bit-rate reduction in the HDTV studio environment".
8. ITU-R. Recommendation BT.1201-1 "Extremely high resolution imagery".
9. ITU-R. Recommendation BT.1360 "Capture characteristics for high-definition images".
10. ITU-R. Recommendation BT.1737 "Use of the ITU-T Recommendation H.264 (MPEG-4/AVC) video source-coding method to transport high definition TV programme material".
11. ITU-R. Recommendation BT.1662 "General reference chain and management of post-processing headroom for programme essence in large screen digital imagery applications".
12. ITU-R. Recommendation BT.1666 "User requirements for large screen digital imagery applications intended for presentation in a theatrical environment".
13. ITU-R. Recommendation BT.1680 "Baseband imaging format for distribution of large screen digital imagery applications intended for presentation in a theatrical environment".
14. ITU-R. Recommendation BT.1687-1 "Video bit-rate reduction for real-time distribution of large-screen digital imagery applications for presentation in a

theatrical environment".

15. ITU-R. Recommendation BT.1689 "Guidelines on the presentation in large-screen digital imagery environments of programmes that are provided in image formats conforming to Recommendation ITU-R BT.601".

16. ITU-R. Recommendation BT.1690 "Assumed characteristics of venues intended for large-screen digital imagery programme presentation in a theatrical environment".

17. ITU-R. Recommendation BT.1769 "Parameter values for an expanded hierarchy of LSDI image formats for production and international programme exchange".

18. ITU-R. Recommendation BT.798-1 "Digital terrestrial television broadcasting in the VHF/UHF bands".

19. ITU-R. Recommendation BT.1299 "The basic elements of a worldwide common family of systems for digital terrestrial television broadcasting".

20. ITU-R. Recommendation BT.1306-3 "Error-correction, data framing, modulation and emission methods for digital terrestrial television broadcasting".

21. ITU-R. Recommendation BO.1293-2 "Protection masks and associated calculation methods for interference into broadcast-satellite systems involving digital emissions".

22. ITU-R. Recommendation BO.1516 "Digital multiprogramme television systems for use by satellites operating in the 11/12 GHz frequency range".

23. ITU-R. Recommendation BO.1696 "Methodologies for determining the availability performance for digital multi-programme BSS systems, and their associated feeder links operating in the planned bands".

24. ITU-R. Recommendation BT.1369 "Basic principles for a worldwide common family of systems for the provision of interactive television services".

25. ITU-R. Recommendation BT.1434 "Network independent protocols for interactive systems".

26. ITU-R. Recommendation BT.1435 "Digital sound and television broadcasting interaction channel through the PSTN/ISDN".

27. ITU-R. Recommendation BT.1436 "Transmission systems for interactive cable television services".

28. ITU-R. Recommendation BT.1507 "Interaction channel using digital enhanced cordless telecommunications (DECT) system".

29. ITU-R. Recommendation BT.1508 "Interaction channel using global system for mobile communications (GSM)".

30. ITU-R. Recommendation BT.1564 "Interaction channel using local multipoint distribution systems".

31. ITU-R. Recommendation BT.1667 "Terrestrial

return channel for interactive broadcasting services operating in the VHF/UHF broadcast band based on Recommendation ITU-R BT.1306".

32. ITU-R. Recommendation BO.1724-1 "Interactive satellite broadcasting systems (television, sound and data)".

33. ITU-R. Recommendation BR.657-2 "Digital television tape recording".

34. ITU-R. Recommendation BR.1290 "Use of television disk recording in broadcasters' operations".

35. ITU-R. Recommendation BR.1292 "Engineering guidelines for video recording in standard definition television production and post-production chains".

36. ITU-R. Recommendation BR.1356 "User requirements for application of compression in mainstream standard definition television production and archival".

37. ITU-R. Recommendation BR.1375-3 "High-definition television (HDTV) digital recording formats".

38. ITU-R. Recommendation BR.1376 "Compression families for use in recording and networked standard definition television production".

39. ITU-R. Recommendation BR.1442 "User's requirements for digital HDTV tape cassette recorders".

40. ITU-R. Recommendation BR.1575 "Guide to the selection of digital video tape recording formats for studio production in the standard definition television (SDTV) environment based on production requirements".

41. ITU-R. Recommendation BT.500-11 "Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures".

42. ITU-R. Recommendation BT.710-4 "Subjective assessment methods for image quality in high-definition television".

43. ITU-R. Recommendation BT.801-1 "Test signals for digitally encoded colour television signals conforming with Recommendations ITU-R BT.601 and ITU-R BT.656".

44. ITU-R. Recommendation BT.813 "Methods for objective picture quality assessment in relation to impairments from digital coding of television signals".

45. ITU-R. Recommendation BT.1129-2 "Subjective assessment of standard definition digital television (SDTV) systems".

46. ITU-R. Recommendation BT.1382 "Assessment of the picture quality of multi-programme services".

47. ITU-R. Recommendation BT.1735 "Methods for objective quality coverage assessment of digital terrestrial television broadcasting signals of System B specified in Recommendation ITU-R BT.1306".

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА	Преобразователи	LCD индикаторы LED индикаторы DC/DC преобразователи ШИМ, SMPS контроллеры
	Стабилизаторы	3-24В/0,1А, 1,2-37/1,5А 1,5В/0,3А, 3В/0,5А, 5В/0,3А, 5В/0,5А, 5В/0,1А, 5В/0,1А, 5В/0,4А, 5В/0,5А, 5В/0,55А (низкое остат. напряжение) 5,1В/0,08-0,75А, (5,1В/5,1В, 1А), (5,1В/12В, 1А) (свариваемые)
СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА	Суперконденсаторы (мониторы)	2,95...3,0В (Lo.H) 4,25...4,5В (Lo.H) 4,5...4,75В (Lo.H)
	Управление, контроль	электропроводитель люминесцентная лампа двигатель тока исполнительное устройство ШИМ контроллер стеклоочиститель указатель поворота пролигаторные органы зажигание спидометр диагностика двигателя маршрутный компьютер бортовая сеть стабилизатор
АВТО-ЭЛЕКТРОНИКА	Прием, воспроизведение, управление, передача	видеопроцессор дисковод линия задержки ПДУ фотоаппарат контроллер (процессор) кадровый разветвитель видеоусилитель ЭСПТЗУ стабилизатор SMPS контроллер для аудиосистемы (полосовые)
	Фильтры на ПАВ	АМ/ЧМ приемник автоматизированная радиостанция синтезатор частот высокочастотный стабилизатор 0,35-3Вt (моно) 1,25Вt (моно), 2x0,6Вt (стерео) 10Вt (моно) 2x12Вt (стерео) 0,140Вt (моно), 2x0,075Вt (стерео) 1,2Вt (моно) 2x1,0Вt (стерео) 3Вt (моно) 5Вt (моно) рег. громкость 2-5Вt (стерео) рег. громкость
РАДИОТЕХНИКА	Усилители низкой частоты	ЭСПТЗУ
	Расчет бескабинный	ЭСПТЗУ
ЭПК	Идентификация	транспондатор
	Прием, воспроизведение, управление, передача	коммутатор DTMF приемник коды SLC программные порт RS-232 RS-422 RS-485/422 RS-422/423
СРЕДСТВА КОММУНИКАЦИИ	Интерфейсы	

ПРОМЭЛЕКТРОНИКА	Компараторы	одноканальный двухканальный четырехканальный
	Операционные усилители	программируемый свариваемый счетверный
ПРОМЭЛЕКТРОНИКА	Память	ЭСПТЗУ (256x8 bit) ЭСПТЗУ (512x8 bit) ЭСПТЗУ (1024x8 bit) ЭСПТЗУ (2048x8 bit) ЭСПТЗУ (4096x8 bit) ЭСПТЗУ (8192x8 bit) ЭСПТЗУ (16384x8 bit) или (512x16 bit) ЭСПТЗУ (32768x8 bit) или (1024x16 bit) ЭСПТЗУ (1024x4 bit) ЭСПТЗУ (4096x4 bit) ЭСПТЗУ (256x4 bit)
	Микроконтроллер	4-bit 8-bit 16-bit AVR RISC с EEPROM
ПРОМЭЛЕКТРОНИКА	Логика	серия 74xxx серия 74ALSxxx серия 74ALSxxx
	Транзисторы	полевые (MOSFET) для видеосигнала (полосовые) для аудиосигнала (полосовые)
МЕДИЦИНА	Фильтры на ПАВ	термистор кардиостимулатор
	Таймеры	стрелочная электронная (шаговый двигатель) цифровая цифровая и стрелочная
ЧАСЫ	Сенсоры	8-разрядные 10-разрядные 12-разрядные
	Датчики	LCD LED LCD
КАЛЬКУЛЯТОРЫ	Драйверы	LCD LED
	Контроллеры	LCD
УСТРОЙСТВА ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ	LCD-индикаторы	от 2x-разрядных до 19-разрядных для отображения табло коллективного пользования матричные алфавитно-цифровые электронные часы калькуляторы спортивные приборы медицинские приборы бытовая техника
	LCD модули	знакоинтегрирующая матричные цифровые по технологии "чип на стекле" (COG) чипы коллективного пользования
ФАМИДРИ-БИЗНЕС	LCD мониторы	TFT
	Услуги	разработка, сборка, производство сборка в корпус, измерение, маркировка использование оборудования

